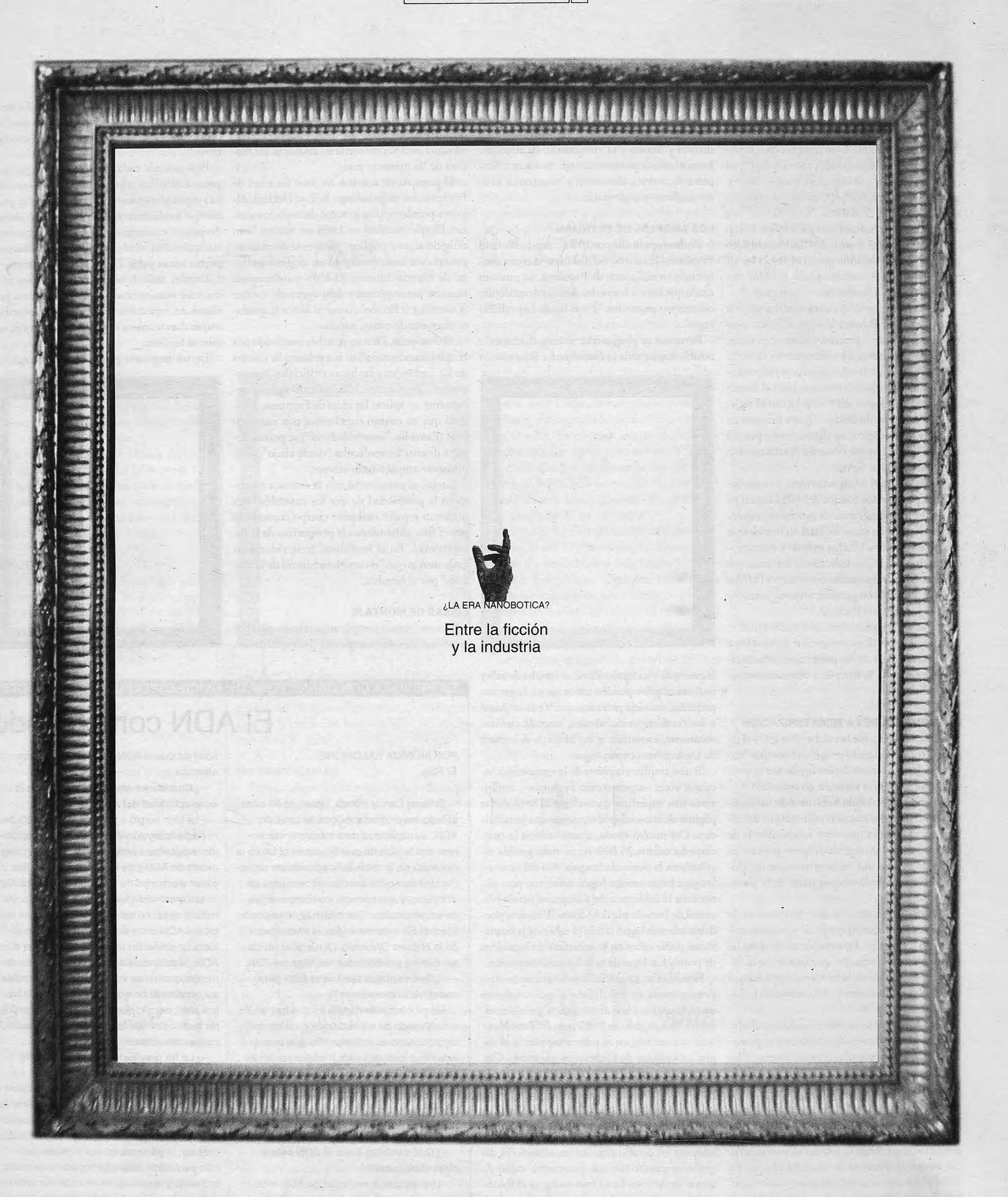


Gulliver en Lilliput va a ser un juego de niños. Según los pronósticos –a veces, osados– de algunos científicos, en la nanotecnología está el futuro de la ciencia y la tecnología, que serán revolucionadas desde lo más pequeño, con nano-robots que podrán crear cualquier artefacto y curar enfermedades varias. Y son escalas verdaderamente ínfimas: un nanómetro es una millonésima de milímetro, el tamaño, por ejemplo, de una molécula de azúcar; algo mil veces más chico que un glóbulo blanco y la millonésima parte de la punta de cualquier aguja estándar. De paso, y no es poco, la nanotecnología ha logrado revitalizar a la ciencia ficción "dura", que andaba un tanto alicaída con la hoy perezosa exploración del cosmos. Por eso, en la primera edición de **Futuro**, en el único año capicúa del siglo, el filósofo argentino Pablo Capanna presenta lo que según anunció *Science* fue el adelanto tecnológico del 2001.

Entre la ficción y la industria

POR PABLO CAPANNA

Uno de los últimos actos de gobierno de Bill Clinton fue crear la NNI, la Iniciativa Nacional de Nanotecnología, un proyecto que aspiraba a ser algo tan importante como la NASA, con un presupuesto de 442 millones de dólares. No conforme con haber sido el presidente que recibió los borradores del genoma humano, Clinton también quiso pasar a la historia como el iniciador de aquello que, en el mediano plazo, se vislumbra como la próxima revolución tecnológica.

Mientras la recesión ya comenzaba a golpear a las puertas de Estados Unidos, Clinton prometió que el nuevo proyecto, entre otras cosas, nos daría impresionantes victorias en la lucha contra el cáncer y revolucionaría la informática. También permitiría encerrar todo el contenido de la Biblioteca del Congreso en el volumen de un cubo de azúcar. Quien hurgara en ese Aleph tecnológico, en algún remoto protón hasta podría encontrar cosas tan insólitas como los libros de quien firma.

Después vino el 11 de setiembre, y es probable que parte de los fondos del NNI hayan sido derivados a programas de guerra bacteriológica, o de guerra a secas. Lo cual no impide que existan en Estados Unidos más de treinta centros de investigación dedicados a un tema que genera nuevos emprendimientos como IMM o Zyvex e interesa a las grandes corporaciones como IBM y Hewlett Packard.

Pero esto no sólo ocurre en Estados Unidos: los presupuestos de investigación destinados a la nanotecnología en los países avanzados totalizan el doble de la inversión norteamericana: 835 millones.

LA FRONTERA DE LA MINIATURIZACION

En el comienzo, fue la palabra. En 1974 el japonés Norio Taniguchi propuso el nombre "nanotecnología" para cualquier operación que tuviera una tolerancia menor a un micrón.

Sin embargo, cuando hablamos de nanómetros (nm) nos referimos a la millonésima de milímetro, el tamaño que tiene una molécula de azúcar, a diez átomos de hidrógeno puestos en fila. Esto es algo mil veces menor que un glóbulo blanco, la millonésima parte de la punta de una aguja.

A nivel del nanómetro nos movemos en la Mesoescala, un campo que recién estamos empezando a conocer. Estamos en el nivel de las estructuras más pequeñas que construye la naturaleza y también en la frontera imprecisa que separa al mundo cuántico del mundo de la física clásica.

Todo esto se hizo posible cuando la tecnología accedió a la dimensión atómica y se pudieron observar y manipular átomos, gracias a dos instrumentos: el microscopio túnel de barrido (STM) y el de fuerza atómica (AFM).

Con uno de ellos (Donald M. Eigler) en 1989 logró escribir "IBM" alineando átomos de xenón y en 2000 la Universidad de Massachussetts dibujó en escala su isotipo en una superficie menor al diámetro de un glóbulo rojo. En 1994 ya los japoneses habían construido un micro-Toyota, un auto más chico que un grano de arroz.

Da miedo pensar en las posibilidades de la publicidad molecular: la platina del microscopio, que hasta ahora ofrecía un panorama bastante limpio, puede llegar a estar tan contaminada como la TV.

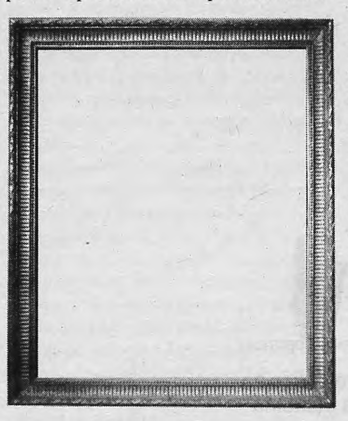
La nanotecnología nos promete cambiar radicalmente los soportes informáticos, diseñando circuitos cada vez más pequeños, construidos "de abajo hacia arriba", en lugar del procedimiento que hoy usamos, análogo al fotocopiado. Podemos llegar a tener gigacomputadoras más pequeñas que un micrón y hasta se piensa usar el ADN como soporte de información.

Las perspectivas para la salud son todavía más fascinantes, y van desde la reconstrucción de dientes y huesos y la eliminación de tumores, hasta anestesia puntual, cirugía incruenta, limpieza de arterias, alineación y balanceo de neuronas, *fitness* sin gimnasia...

LOS ANGELES DE FEYNMAN

Todo empezó allá por 1959, cuando Richard Feynman –futuro Nobel de Física– dio una conferencia en el Caltech de Pasadena. Le puso un título que habría hecho las delicias de cualquier colectivero argentino: "En el fondo hay mucho lugar".

Feynman se preguntaba si sería físicamente posible copiar toda la *Enciclopedia Británica* en



la punta de una aguja. Ya no se trataba de saber cuántos ángeles pueden caber en un lugar tan pequeño, esa vieja polémica que Vives atribuyó a los escolásticos decadentes, sino de cuántos volúmenes entrarían; y los libros, a diferencia de los ángeles, ocupan lugar.

Si uno ampliara la punta de la aguja veinticinco mil veces –argumentaba Feynman–, tendríamos una superficie equivalente al total de las páginas de la enciclopedia puestas una junto a la otra. Del mismo modo, si uno reducía la enciclopedia misma 25.000 veces, sería posible escribirla en la punta de la aguja. No sólo eso: en la aguja había mucho lugar, suficiente para poner toda la Biblioteca del Congreso, más la Nacional de Francia y la del Museo Británico, y todavía sobraría lugar. Todo el saber de la humanidad podía caber en la superficie de una mota de polvo. Las leyes de la física no lo impedían.

Feynman se animó incluso a ofrecer un modesto premio de mil dólares a quien redujera una sola página a esas dimensiones, pero se mostró reacio a pagarlo en 1985 cuando Tom Newman se convirtió en el primer aspirante, al copiar una página de Dickens en esa escala. Claro que para entonces ya existía el microscopio de barrido STM.

LA HORMIGA ATOMICA

La propuesta que a continuación hizo Feynman era un desafío para los tecnólogos. El día que contáramos con un mecanismo capaz de mover los átomos uno a uno –aseguró el físico– podríamos llegar a sintetizar cualquier sustancia, armando moléculas como quien arma una casita con bloques Lego.

Para manipular un solo átomo hubo que esperar hasta 1987, cuando los laboratorios de la Bell lograron hacerlo, usando un microscopio de barrido.

Feynman ya se preguntaba en 1959 cómo sería posible construir máquinas tan pequeñas que pudieran manipular átomos. Bastaría con construir un robot de tamaño macro usando herramientas convencionales controladas por un operador. Pero el robot tenía que ser una máquina de Von Neumann: un artefacto programado para reproducirse, capaz de hacer una copia de sí mismo en menor escala. Este robot construiría otro más pequeño, y así sucesivamente, internándose cada vez más en la escala micro a la manera de las muñecas rusas.

El primero en tomarse en serio las ideas de Feynman fue el futurólogo K. Eric Drexler. Algunos piensan que se lo tomó demasiado en serio. Drexler escribió en 1986 un exitoso libro dirigido al gran público, *Motores de la creación*, para el cual hasta consiguió un elogioso prólogo de Marvin Minsky. El libro trataba temas bastante heterogéneos y daba ágiles saltos entre la ciencia y la ficción sin que al lector le quedara claro dónde estaba parado.

Al comienzo, Drexler se había interesado por la colonización espacial, la explotación minera de los asteroides y las lunas artificiales "lagrangeanas". Pero desde 1976 comenzó a pensar seriamente en aplicar las ideas de Feynman. Imaginó que en cuanto contásemos con nanorrobots (llamados "ensambladores") se podría llegar a diseñar biomoléculas "desde abajo", simplemente empalmando átomos.

Luego, se entusiasmó con la criónica y pensó en la posibilidad de que los ensambladores pudieran reparar cualquier cuerpo conservado por el frío, abriéndonos la perspectiva de la inmortalidad. En el horizonte, creía vislumbrar nada menos que "el completo control de la materia" por el hombre.

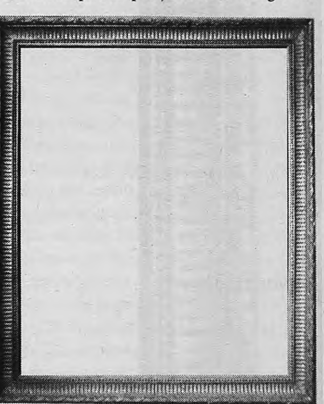
LINEAS DE MONTAJE

No se necesitan complicados cálculos para hacerse una idea del tiempo que podría tardar un ensamblador en formar una molécula. Le llevaría siglos llegar a producir cantidades apreciables de cualquier sustancia útil que le encargáramos.

Pero aunque cada nanobot produjera unas pocas moléculas, si lográbamos que se reprodujera siguiendo ciclos muy cortos, en muy poco tiempo tendríamos millones de ellos trabajando juntos; entonces serían capaces de producir cualquier cosa, desde un CD o un bife hasta un portaaviones y dos Torres Gemelas nuevas.

Drexler todavía sueña con microlíneas de montaje automatizadas, donde nanobots provistos de nanoherramientas manufacturarían moléculas en serie, a imagen y semejanza de una fábrica fordista.

En un inspirado pasaje Drexler imaginó la



ENTREVISTA CON DANNY PORATH, FISICO ESPECIALISTA EN NANOTECN

El ADN como conduc

POR MÓNICA SALOMONE
El País

El físico Danny Porath, israelí de 39 años, estudia las propiedades conductoras del ADN, su capacidad para transmitir electrones, con la idea de que tal vez en el futuro la molécula de la doble hélice pueda ser un nanocable que mida apenas millonésimas de milímetro, y que conecte los componentes de un procesador. También hay otras posibilidades. En esta entrevista, el investigador de la *Hebrew University* (Jerusalén) revela las nuevas posibilidades secretas del ADN.

–¿Qué ventajas tendría el ADN para construir ordenadores?

–El problema de partida es que hay un límite al grado de miniaturización de los microprocesadores actuales. Así que buscamos otros métodos para miniaturizar las estructuras de modo más preciso y más barato. Se habla de bajar a la escala de 1 o 2 nanómetros, que es donde encuentras moléculas. Sobre qué molécula usar, una opción, no la única, es el ADN.

–¿Qué ventajas tiene el ADN sobre otras moléculas?

–Una es que la molécula de ADN está compuesta por dos cadenas que se ensamblan según un código, de forma específica. Eso significa que si tienes varios electrodos de metal, cada uno con una hebra de ADN, cada electrodo se ensambla con el que tú quieres. Otra propiedad del ADN es que tiene elementos distintos a distancias muy pequeñas, lo que implica una densidad de información altísima. Además, se sabe muy bien cómo manipular el ADN: hay enzimas que conectan, cortan, identifican secuencias específicas... Y se puede pensar en construir elementos lógicos. Luego está la posibilidad de que el ADN transporte corriente eléctrica.

–¿Cuándo se empezó a pensar en la conductividad del ADN?

–La idea surgió a principios de los '60, pero nadie la siguió. Años más tarde se colocaron moléculas a ambos extremos de un fragmento de ADN y se comprobó que podían pasar electrones de una molécula a otra. Pero el experimento fue muy controvertido. Ha habido otros, en los que, por ejemplo, se coloca el ADN entre dos electrodos como si fuera un cable. En uno se metabolizaba el ADN, añadiéndole átomos de plata, y se demostró que así se volvía conductor. El cable así construido no era más pequeño que los actuales, pero lo que se pretendía era explorar qué nos ofrece la naturaleza para hacer cosas completamente distintas.

–¿Le ha resultado compleja la parte biológica de su investigación?

–No sabía nada de biología, así que tuve que ir a los libros de texto. Luego empecé a trabajar con un biólogo y realmente lo pasé muy bien. Los físicos, ya sabe, cogemos un sistema, lo partimos en sus ingredientes más pequeños, entendemos cómo funciona cada uno y de ahí creemos entender todo el sistema, lo cual es bastante ingenuo. Los biólogos, en cambio –y esto es una simplificación extrema, espero que nadie se ofenda–, estudian el comportamiento del sistema completo y creen que así serán capaces de entender lo que pasa dentro, lo cual no es menos ingenuo.

–¿Qué resultados ha obtenido? ¿Puede el ADN conducir la electricidad o no?

–Hemos demostrado que un fragmento de 10 nanómetros de ADN de una determinada secuencia homogénea puede transportar corriente eléctrica.Pero hoy parece

Entre la ficción y la industria

POR PABLO CAPANNA

Uno de los últimos actos de gobierno de Bill Clinton fue crear la NNI, la Iniciativa Nacional de Nanotecnología, un proyecto que aspiraba a ser algo tan importante como la NASA, con un presupuesto de 442 millones de dólares. No conforme con haber sido el presidente que recibió los borradores del genoma humano, Clinton también quiso pasar a la historia como el iniciador de aquello que, en el mediano plazo, se vislumbra como la próxima revolución tecnológica.

Mientras la recesión ya comenzaba a golpear a las puertas de Estados Unidos, Clinton prometió que el nuevo proyecto, entre otras cosas, nos daría impresionantes victorias en la lucha contra el cáncer y revolucionaría la informática. También permitiría encerrar todo el contenido de la Biblioteca del Congreso en el volumen de un cubo de azúcar. Quien hurgara en ese Aleph tecnológico, en algún remoto protón hasta podría encontrar cosas tan insólitas como los libros de quien firma.

Después vino el 11 de setiembre, y es probable que parte de los fondos del NNI hayan sido derivados a programas de guerra bacteriológica, o de guerra a secas. Lo cual no impide que existan en Estados Unidos más de treinta centros de investigación dedicados a un tema que genera nuevos emprendimientos como IMM o Zyvex e interesa a las grandes corporaciones como IBM y Hewlett Packard.

Pero esto no sólo ocurre en Estados Unidos: los presupuestos de investigación destinados a la nanotecnología en los países avanzados totalizan el doble de la inversión norteamericana: 835 millones.

LA FRONTERA DE LA MINIATURIZACION

En el comienzo, fue la palabra. En 1974 el japonés Norio Taniguchi propuso el nombre "nanotecnología" para cualquier operación que tuviera una tolerancia menor a un micrón.

Sin embargo, cuando hablamos de nanómetros (nm) nos referimos a la millonésima de milímetro, el tamaño que tiene una molécula de azúcar, a diez átomos de hidrógeno puestos en fila. Esto es algo mil veces menor que un glóbulo blanco, la millonésima parte de la punta de una aguja.

A nivel del nanómetro nos movemos en la Mesoescala, un campo que recién estamos empezando a conocer. Estamos en el nivel de las estructuras más pequeñas que construye la naturaleza y también en la frontera imprecisa que separa al mundo cuántico del mundo de la física clásica.

Todo esto se hizo posible cuando la tecnología accedió a la dimensión atómica y se pudieron observar y manipular átomos, gracias a dos instrumentos: el microscopio túnel de barrido (STM) y el de fuerza atómica (AFM).

Con uno de ellos (Donald M. Eigler) en 1989 logró escribir "IBM" alineando átomos de xenón y en 2000 la Universidad de Massachussetts dibujó en escala su isotipo en una superficie menor al diámetro de un glóbulo rojo. En 1994 ya los japoneses habían construido un micro-Toyota, un auto más chico que un grano de arroz.

Da miedo pensar en las posibilidades de la publicidad molecular: la platina del microscopio, que hasta ahora ofrecía un panorama bastante limpio, puede llegar a estar tan contaminada como la TV.

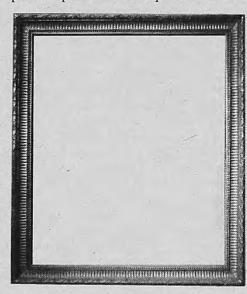
La nanotecnología nos promete cambiar radicalmente los soportes informáticos, diseñando circuitos cada vez más pequeños, construidos "de abajo hacia arriba", en lugar del procedimiento que hoy usamos, análogo al fotocopiado. Podemos llegar a tener gigacomputadoras más pequeñas que un micrón y hasta se piensa usar el ADN como soporte de información.

Las perspectivas para la salud son todavía más fascinantes, y van desde la reconstrucción de dientes y huesos y la eliminación de tumores, hasta anestesia puntual, cirugía incruenta, limpieza de arterias, alineación y balanceo de neuronas, *fitness* sin gimnasia...

LOS ANGELES DE FEYNMAN

Todo empezó allá por 1959, cuando Richard Feynman –futuro Nobel de Física– dio una conferencia en el Caltech de Pasadena. Le puso un título que habría hecho las delicias de cualquier coleccionista argentino: "En el fondo hay mucho lugar".

Feynman se preguntaba si sería físicamente posible copiar toda la *Enciclopedia Británica* en la punta de una aguja. Ya no se trataba de saber cuántos ángeles pueden caber en un lugar tan pequeño, esa vieja polémica que Vives atribuyó a los escolásticos decadentes, sino de cuántos volúmenes entrarían; y los libros, a diferencia de los ángeles, ocupan lugar.



Si uno ampliara la punta de la aguja veinticinco mil veces –argumentaba Feynman–, tendríamos una superficie equivalente al total de las páginas de la enciclopedia puestas una junto a la otra. Del mismo modo, si uno reducía la enciclopedia misma 25.000 veces, sería posible escribirla en la punta de la aguja. No sólo eso: en la aguja había mucho lugar, suficiente para poner toda la Biblioteca del Congreso, más la Nacional de Francia y la del Museo Británico, y todavía sobraría lugar. Todo el saber de la humanidad podía caber en la superficie de una mota de polvo, Las leyes de la física no lo impedían.

Feynman se animó incluso a ofrecer un modesto premio de mil dólares a quien redujera una sola página a esas dimensiones, pero se mostró reacio a pagarlo en 1985 cuando Tom Newman se convirtió en el primer aspirante, al copiar una página de Dickens en esa escala. Claro que para entonces ya existía el microscopio de barrido STM.

LA HORMIGA ATOMICA

La propuesta que a continuación hizo Feynman era un desafío para los tecnólogos. El día que contáramos con un mecanismo capaz de mover los átomos uno a uno –aseguró el físico– podríamos llegar a sintetizar cualquier sustancia, armando moléculas como quien arma una casita con bloques Lego.

Para manipular un solo átomo hubo que esperar hasta 1987, cuando los laboratorios de la Bell lograron hacerlo, usando un microscopio de barrido.

Feynman ya se preguntaba en 1959 cómo sería posible construir máquinas tan pequeñas que pudieran manipular átomos. Bastaría con construir un robot de tamaño macro usando herramientas convencionales controladas por un operador. Pero el robot tenía que ser una máquina de Von Neumann: un artefacto programado para reproducirse, capaz de hacer una copia de sí mismo en menor escala. Este robot construiría otro más pequeño, y así sucesivamente, internándose cada vez más en la escala micro a la manera de las muñecas rusas.

El primero en tomarse en serio las ideas de Feynman fue el futurólogo K. Eric Drexler. Algunos piensan que se lo tomó demasiado en serio. Drexler escribió en 1986 un exitoso libro dirigido al gran público, *Motores de la creación*, para el cual hasta consiguió un elogioso prólogo de Marvin Minsky. El libro trataba temas bastante heterogéneos y daba ágiles saltos entre la ciencia y la ficción sin que al lector le quedara claro dónde estaba parado.

Al comienzo, Drexler se había interesado por la colonización espacial, la explotación minera de los asteroides y las lunas artificiales "lagrangeanas". Pero desde 1976 comenzó a pensar seriamente en aplicar las ideas de Feynman. Imaginó que en cuanto contásemos con nanorrobots (llamados "ensambladores") se podría llegar a diseñar biomoléculas "desde abajo", simplemente empalmando átomos.

Luego, se entusiasmó con la criónica y pensó en la posibilidad de que los ensambladores pudieran reparar cualquier cuerpo conservado por el frío, abriéndonos la perspectiva de la inmortalidad. En el horizonte, creía vislumbrar nada menos que "el completo control de la materia" por el hombre.

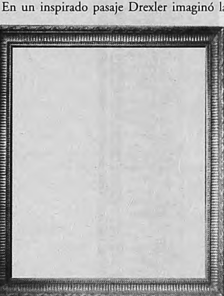
LINEAS DE MONTAJE

No se necesitan complicados cálculos para hacerse una idea del tiempo que podría tardar un ensamblador en formar una molécula. Le llevaría siglos llegar a producir cantidades apreciables de cualquier sustancia útil que le encargáramos.

Pero aunque cada nanobot produjera unas pocas moléculas, si lográbamos que se reprodujera siguiendo ciclos muy cortos, en muy poco tiempo tendríamos millones de ellos trabajando juntos; entonces serían capaces de producir cualquier cosa, desde un CD o un bife hasta un portaaviones y dos Torres Gemelas nuevas.

Drexler todavía sueña con microlíneas de montaje automatizadas, donde nanobots provistos de nanoherramientas manufacturarían moléculas en serie, a imagen y semejanza de una fábrica fordista.

En un inspirado pasaje Drexler imaginó la construcción *in vitro* de un motor. El proceso se haría sin intervención humana. Una "semilla" con el programa completo del motor se depositaría en el fondo de una cápsula de acero. Luego, se inyectaría un líquido lechoso. Serían millones de ensambladores en solución que, controlados por el nanocomputador de la "semilla" del mismo modo que lo hace el ADN en un organismo, comenzarían a ensamblar átomos hasta terminar de hacer un motor en menos de un día. Encima lo harían de diamante y rubí, para que fuera indestructible, y podrían usar cualquier desecho como materia prima.



Del mismo modo, bastaría tener una sencilla "máquina de hacer carne" en cada cocina para obtener bifes casi al instante a partir de la basura, dejando fuera de combate a ganaderos, frigoríficos y carnicerías.

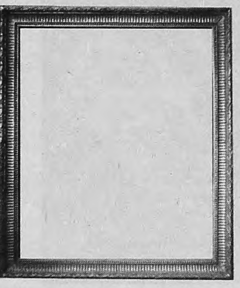
Quien imaginó las aplicaciones criónicas, de las cuales hablamos en estas páginas, fue un ingeniero de Stanford llamado Ralph Merkle, que se hizo autoridad en el tema.

Sin embargo, desde que Merkle dejó su empleo en Xerox para fundar la empresa Zyvex, lleva gastados más de veinte millones sin lograr construir una sola máquina autorreproductora. Los investigadores que trabajan en su laboratorio prefieren eludir la publicidad.

NANOFICCIONES

No sabemos si la nanotecnología cambiará nuestras vidas en el corto, mediano o largo plazo. Pero sí podemos asegurar que hasta ahora ha logrado revitalizar la ciencia ficción "dura", que andaba un tanto alicaída con la exploración del cosmos. En los últimos años, ha generado todo un subgénero, con estrellas como Greg Bear con *Música en la sangre* (1985) y *Slant* (1997) y Kathleen Ann Goonan con *Queen City Jazz* (1994).

No cabe duda de que estas ficciones son hijas de Drexler. Pero no hay que olvidar que el mismo Drexler es apenas el heredero de toda una tradición que abarca unos ochenta años de ciencia ficción. Allá por los treinta hubo innumerables escritores que, inspirándose en el modelo atómico de Rutherford, imaginaron descensos al mundo del átomo y aventuras en los electrones "planetarios". El tema llegó hasta las historietas: Mandrake, Buck Rogers y Brick Bradford se pasearon entre los átomos durante años y no fueron pocos los que navegaron las arterias. Cuando los clásicos como Frederik Pohl y Stanislav Lem (Non Serviam, 1971) se apropiaron del tema, lo convirtieron en una metáfora de la condición humana, pero eso es algo que ya no se estila.



NO TANTO LUGAR

Si hasta ahora la nanotecnología ha dado trabajo a escritores y cineastas, sus proyecciones más realistas no exceden por el momento el campo de la computación y la medicina.

En la comunidad científica, no todos se entregan con facilidad a la euforia nanotecnológica que inspiró Drexler. No hay que ser demasiado conservador para tropezarse con las limitaciones físicas del "ensamblador", que tan bien funciona en las simulaciones de Drexler y Merkle.

En este nivel, se opera con las estructuras físicas más pequeñas que existen. No se trata de manipular átomos con herramientas "macro" como la aguja del microscopio: el problema principal está en que hay que manipularlos usando herramientas hechas a su vez de átomos.

En un reciente dossier del *Scientific American*, Richard Smalley y George Whitesides presentan algunas objeciones teóricas a la nanomáquina. Es cierto que hay mucho lugar en el fondo, dicen, pero no tanto como creían Drexler y los viejos escritores de ciencia ficción.

Básicamente, de la nanotecnología se esperan dos tipos de máquinas: el *submarino* (que navega entre los tejidos para reparar células) y el *ensamblador*, una máquina herramienta universal para armar moléculas.

Los nanosubmarinos que tuvieran que circular por nuestras venas y tejidos (como lo hacía Raquel Welch en *El viaje fantástico*, un film de 1966 con libro de Bixby y Asimov) tendrían que superar serias dificultades físicas antes de poder hincarles el diente a las células enfermas o a los virus enemigos. Debido a su tamaño, cualquier nanosubmarino tendría que mantenerse estable en medio de furiosas tormentas: el movimiento browniano de las moléculas del agua por la cual circula. Otros problemas se presentarían a la hora de manipular átomos para cumplir con su tarea.

TRABAJANDO EN EL LIMITE

De hecho, la naturaleza hace millones de años que ha inventado y utilizado nanomáquinas. Por ejemplo, los ribosomas, que ensamblan proteínas a partir de las instrucciones que les da el ADN mensajero. Cloroplastos y mitocondrias son nanomáquinas, así como lo es el flagelo rotativo de algunas bacterias, que guarda un asombroso parecido con un motor eléctrico. También los virus proceden como nanomáquinas cuando inyectan su ADN en las células bacterianas y las reprograman para hacer más virus. Pero el ensamblador sería mucho más pequeño.

El problema radica en construir un robot considerablemente más chico que una bacteria. Tendría que tener un par de brazos articulados de unos cien nanómetros de largo y 30 de diámetro, capaces de movimientos del orden de los 0,1 o 0,2 nanómetros, en cuyos extremos se podrían montar distintas herramientas como pinzas, llaves o destornilladores. Eso es lo que sostiene Drexler. En ese caso, estaría en condiciones de manipular átomos uno por uno y ensamblar moléculas de acuerdo con las instrucciones.

George Whitesides piensa que "el sueño del ensamblador es más la esperanza de un milagro que la solución de un problema".

Richard E. Smalley señala dos dificultades físicas que tendrían que resolver los brazos robóticos de un ensamblador y sus "dedos", como límites infranqueables. Cualquier brazo de un nanobot ensamblador estará hecho de átomos: es imposible hacerlo más chico. El problema es que sus "dedos" serían demasiado "gruesos" y hasta "pringosos" para manipular otros átomos.

Sabemos que es imposible armar un reloj mecánico sin lupa ni herramientas adecuadas, tomando las piezas tan sólo con los dedos; pero ésa es la situación en la cual se encontraría el nanobot. Además, ¿cómo hacer que los "dedos" hechos de átomos no se adhieran a los átomos que tienen que manipular y logren soltarlos allí donde tienen que hacerlo?

DESCONTROLES

Las grandes preguntas siguen siendo aquellas que no señaló Drexler, aunque descartó con excesivo optimismo. ¿Cómo controlar las nanomáquinas si es que se van a reproducir solas? ¿Llegarán a expandirse como epidemias inundando la casa de bifes o las calles y plazas de teléfonos celulares? ¿Podrán sufrir mutaciones? ¿Alcanzarán a organizarse, creando una suerte de "vida"? ¿Al introducirse en los ecosistemas naturales, no competirían ventajosamente con la vida?

Haciendo un simple cálculo, Drexler había caído en la cuenta de que el crecimiento de una comunidad de nanomáquinas sería una curva exponencial. En poco tiempo acabarían por transformar toda la materia disponible (incluyéndonos a nosotros) a su imagen y semejanza. Drexler pensaba que para evitar su crecimiento descontrolado bastaba con introducir en los nanobots un programa de autodestrucción que entraría en acción después de X generaciones. Pero, conociendo cómo son las cosas, ¿sería posible monopolizar su producción, evitando los nanobots "truchos" o los reciclados? De acuerdo con la ley de Moore, todo indica que los robots tenderían a abaratarse hasta caer en manos de cualquiera. Hasta es posible imaginar un nanoterrorismo mucho más eficaz que la guerra bacteriológica.

Pero hay cosas más inquietantes. ¿Qué sería de la economía y del empleo cuando tuviéramos asegurada la producción gratis de cualquier cosa que uno pueda imaginar, llevando al extremo la revolución tecnológica? ¿Qué nuevas relaciones de poder se llegarían a imponer cuando los seres humanos estuviesen definitivamente excluidos de los procesos productivos? Recordando a Wells y su máquina del tiempo, tendríamos un mundo de "elois" abúlicos o de "morlocks" embrutecidos?

ENTREVISTA CON DANNY PORATH, FISICO ESPECIALISTA EN NANOTECNOLOGIA

El ADN como conductor

POR MÓNICA SALOMONE
El País

El físico Danny Porath, israelí de 39 años, estudia las propiedades conductoras del ADN, su capacidad para transmitir electrones, con la idea de que tal vez en el futuro la molécula de la doble hélice pueda ser un nanocable que mida apenas millonésimas de milímetro, y que conecte los componentes de un procesador. También hay otras posibilidades. En esta entrevista, el investigador de la *Hebrew University* (Jerusalén) revela las nuevas posibilidades secretas del ADN.

–¿Qué ventajas tendría el ADN para construir ordenadores?

–El problema de partida es que hay un límite al grado de miniaturización de los microprocesadores actuales. Así que buscamos otros métodos para miniaturizar las estructuras de modo más preciso y más barato. Se habla de bajar a la escala de 1 o 2 nanómetros, que es donde encuentras moléculas. Sobre qué molécula usar, una opción, no la única, es el ADN.

–¿Qué ventajas tiene el ADN sobre otras moléculas?

–Una es que la molécula de ADN está compuesta por dos cadenas que se ensamblan según un código, de forma específica. Eso significa que si tienes varios electrodos de metal, cada uno con una hebra de ADN, cada electrodo se ensambla con el que tú quieres. Otra propiedad del ADN es que tiene elementos distintos a distancias muy pequeñas, lo que implica una densidad de información altísima. Además, se sabe muy bien cómo manipular el ADN: hay enzimas que conectan, cortan, identifican secuencias específicas... Y se puede pensar en construir elementos lógicos. Luego está la posibilidad de que el ADN transporte corriente eléctrica.

–¿Cuándo se empezó a pensar en la conductividad del ADN?

–La idea surgió a principios de los '60, pero nadie la siguió. Años más tarde se colocaron moléculas a ambos extremos de un fragmento de ADN y se comprobó que podían pasar electrones de una molécula a otra. Pero el experimento fue muy controvertido. Ha habido otros, en los que, por ejemplo, se colocaba el ADN entre dos electrodos como si fuera un cable. En uno se metabolizaba el ADN, añadiéndole átomos de plata, y se demostró que así se volvía conductor. El cable así construido no era más pequeño que los actuales, pero lo que se pretendía era explorar qué nos ofrece la naturaleza para hacer cosas completamente distintas.

–¿Le ha resultado compleja la parte biológica de su investigación?

–No sabía nada de biología, así que tuve que ir a los libros de texto. Luego empecé a trabajar con un biólogo y realmente lo pasé muy bien. Los físicos, ya sabe, cogemos un sistema, lo partimos en sus ingredientes más pequeños, entendemos cómo funciona cada uno y de ahí creemos entender todo el sistema, lo cual es bastante ingenuo. Los biólogos, en cambio –y esto es una simplificación extrema, espero que nadie se ofenda–, estudian el comportamiento del sistema completo y creen que así serán capaces de entender lo que pasa dentro, lo cual no es menos ingenuo.

–¿Qué resultados ha obtenido? ¿Puede el ADN conducir la electricidad o no?

–Hemos demostrado que un fragmento de 10 nanómetros de ADN de una determinada secuencia homogénea puede transportar corriente eléctrica.Pero hoy parece claro que el ADN en su versión natural no es conductor. Lo que muchos grupos hacemos es modificar el ADN para preservar sus buenas propiedades y al tiempo mejorar su conductividad.

–Si se demostrara que es posible, ¿cómo se aprovecharían esas propiedades del ADN? ¿Serviría para almacenar información, por ejemplo?

–Imaginemos, por ejemplo, que el ADN tiene una altísima conductividad dependiendo de la secuencia. Hay secuencias conductoras y otras aislantes. Así puedes construir un fragmento de ADN conductor y otro no conductor: corriente-no corriente, como los ceros y unos del código binario. Podemos aprovechar el enorme detalle, la precisión, en la estructura del ADN, su alta densidad de información, para hacer esto de forma muy precisa.

–La nanotecnología se asocia a menudo con escenarios de ciencia ficción, con nanorrobots que se autorreplican, que bucean por el torrente sanguíneo humano... ¿Es eso realista?

–Ahora mismo, en nanotecnología, las predicciones exageradas y las realistas se mezclan. La nanotecnología abre muchas posibilidades. Ya existen dispositivos similares a los que menciona, micromáquinas con componentes nano, dispositivos que se introducen en el cuerpo para hacer pruebas médicas... Creo que se fabricarán dispositivos nanoelectrónicos, tal vez con ADN, tal vez con otras moléculas. Ahora bien, estamos en la vanguardia del conocimiento, en cosas que nadie conoce aún. Pero hay una diferencia entre hacer cosas en la frontera de la imaginación y del conocimiento y hacer cosas imaginarias y de ciencia ficción. La frontera puede ser sutil, pero existe.

NOVEDADES EN CIENCIA



UN ATLAS MUNDIAL DE LOS RAYOS

SCIENTIFIC AMERICAN Los rayos son uno de los fenómenos más espectaculares de la naturaleza. Estas tremendas descargas eléctricas pueden generarse dentro de una nube, entre dos nubes o entre una nube y el suelo. Y provocan terribles estruendos (los "truenos") y fogonazos de luz que, de pronto, pueden iluminar a la más oscura de las noches (los "relámpagos"), fenómenos que el hombre observa de modo distorsionado pues, como se sabe, la velocidad de la luz es mayor a la velocidad del sonido. Durante una tormenta eléctrica, es prácticamente imposible predecir dónde caerá un rayo. Sin embargo, y por primera vez, un grupo de científicos de la NASA –la agencia aeroespacial del gobierno norteamericano– ha logrado una especie de "atlas mundial de los rayos", un completo esquema global que muestra su distribución y comportamiento a gran escala.

Hasta ahora, todos los intentos destinados a generar mapas globales de la actividad de los rayos se apoyaban en las detecciones realizadas por sensores terrestres, repartidos en distintas partes del planeta. Estos aparatos ofrecen muy buenas mediciones locales, pero como su rango es bastante limitado, no permiten la cobertura de grandes regiones. Y así, los océanos, los mares, los desiertos y otras grandes áreas despobladas quedaban sin monitorear.

Pero las cosas cambiaron cuando el doctor Hugh Christian y su equipo del National Space Science and Technology Center –un organismo que depende de la NASA– comenzaron a trabajar con satélites meteorológicos equipados especialmente para la detección de relámpagos (que son, ni más ni menos, que la manifestación luminosa de los rayos, claro). Gracias a sofisticadas cámaras infrarrojas de alta velocidad, capaces de detectar relámpagos en las nubes aun siendo de día, los sensores de estos satélites norteamericanos fueron compilando información en todos los rincones de la Tierra. Y una vez procesados, esos datos dieron lugar a este inédito atlas de los rayos. "Por primera vez, hemos podido mapear la distribución global de los relámpagos, notando su variación en función de la latitud, la longitud y la época del año", dice Christian.

Y bien: ¿qué dice el mapa? Por empezar, que las regiones más castigadas por estas brutales chispas atmosféricas (las zonas más oscuras del mapa) son la península de Florida, casi toda América Central, la zona del Amazonas y el centro y el sur de Africa, entre otras. Por el contrario, hay lugares donde los rayos son bastante raros, como la Antártida y la región del Artico (junto a sus áreas oceánicas adyacentes), el desierto del Sahara y la mayoría de las islas de Pacífico. ¿Y en nuestro país? El trabajo satelital de la NASA revela que en la Argentina y en sus países vecinos la actividad de los rayos es moderada.

construcción *in vitro* de un motor. El proceso se haría sin intervención humana. Una "semilla" con el programa completo del motor se depositaría en el fondo de una cápsula de acero. Luego, se inyectaría un líquido lechoso. Serían millones de ensambladores en solución que, controlados por el nanocomputador de la "semilla" del mismo modo que lo hace el ADN en un organismo, comenzarían a ensamblar átomos hasta terminar de hacer un motor en menos de un día. Encima lo harían de diamante y rubí, para que fuera indestructible, y podrían usar cualquier desecho como materia prima.

Del mismo modo, bastaría tener una sencilla "máquina de hacer carne" en cada cocina para obtener bifes casi al instante a partir de la basura, dejando fuera de combate a ganaderos, frigoríficos y carnicerías.

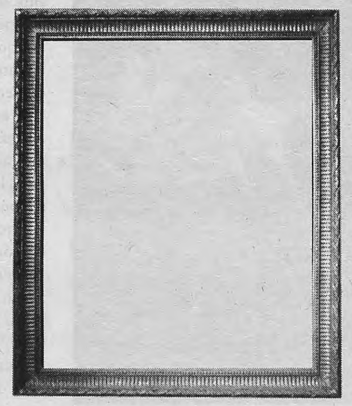
Quien imaginó las aplicaciones criónicas, de las cuales hablamos en estas páginas, fue un ingeniero de Stanford llamado Ralph Merkle, que se hizo autoridad en el tema.

Sin embargo, desde que Merkle dejó su empleo en Xerox para fundar la empresa Zyvex, lleva gastados más de veinte millones sin lograr construir una sola máquina autorreproductora. Los investigadores que trabajan en su laboratorio prefieren eludir la publicidad.

NANOFICCIONES

No sabemos si la nanotecnología cambiará nuestras vidas en el corto, mediano o largo plazo. Pero sí podemos asegurar que hasta ahora ha logrado revitalizar la ciencia ficción "dura", que andaba un tanto alicaída con la exploración del cosmos. En los últimos años, ha generado todo un subgénero, con estrellas como Greg Bear con *Música en la sangre* (1985) y *Slant* (1997) y Kathleen Ann Goonan con *Queen City Jazz* (1994).

No cabe duda de que estas ficciones son hijas de Drexler. Pero no hay que olvidar que el mismo Drexler es apenas el heredero de toda una tradición que abarca unos ochenta años de ciencia ficción. Allá por los treinta hubo innumerables escritores que, inspirándose en el modelo atómico de Rutherford, imaginaron descensos al mundo del átomo y aventuras en los electrones "planetarios". El tema llegó hasta las historietas: Mandrake, Buck Rogers y Brick Bradford se pasearon entre los átomos durante años y no fueron pocos los que navegaron las



arterias. Cuando los clásicos como Frederik Pohl y Stanislav Lem (Non Serviam, 1971) se apropiaron del tema, lo convirtieron en una metáfora de la condición humana, pero eso es algo que ya no se estila.

NO TANTO LUGAR

Si hasta ahora la nanotecnología ha dado trabajo a escritores y cineastas, sus proyecciones más realistas no exceden por el momento el campo de la computación y la medicina.

En la comunidad científica, no todos se entregan con facilidad a la euforia nanotecnológica que inspiró Drexler. No hay que ser demasiado conservador para tropezarse con las limitaciones físicas del "ensamblador", que tan bien funciona en las simulaciones de Drexler y Merkle.

En este nivel, se opera con las estructuras físicas más pequeñas que existen. No se trata de manipular átomos con herramientas "macro" como la aguja del microscopio: el problema principal está en que hay que manipularlos usando herramientas hechas a su vez de átomos.

En un reciente dossier del *Scientific American*, Richard Smalley y George Whitesides presentan algunas objeciones teóricas a la nanomáquina. Es cierto que hay mucho lugar en el fondo, dicen, pero no tanto como creían Drexler y los viejos escritores de ciencia ficción.

Básicamente, de la nanotecnología se esperan dos tipos de máquinas: el *submarino* (que navega entre los tejidos para reparar células) y el *ensamblador*, una máquina herramienta universal para armar moléculas.

Los nanosubmarinos que tuvieran que circular por nuestras venas y tejidos (como lo hacía Raquel Welch en *El viaje fantástico*, un film de 1966 con libro de Bixby y Asimov) tendrían que superar serias dificultades físicas antes de poder hincarles el diente a las células enfermas o a los virus enemigos. Debido a su tamaño, cualquier nanosubmarino tendría que mantenerse estable en medio de furiosas tormentas: el movimiento browniano de las moléculas del agua por la cual circula. Otros problemas se presentarían a la hora de manipular átomos para cumplir con su tarea.

TRABAJANDO EN EL LIMITE

De hecho, la naturaleza hace millones de años que ha inventado y utilizado nanomáquinas. Por ejemplo, los ribosomas, que ensamblan proteínas a partir de las instrucciones que les da el ADN mensajero. Cloroplastos y mitocondrias son nanomáquinas, así como lo es el flagelo rotativo de algunas bacterias, que guarda un asombroso parecido con un motor eléctrico. También los virus proceden como nanomáquinas cuando inyectan su ADN en las células bacterianas y las reprograman para hacer más virus. Pero el ensamblador sería mucho más pequeño.

El problema radica en construir un robot considerablemente más chico que una bacteria. Tendría que tener un par de brazos articulados de unos cien nanómetros de largo y 30 de diámetro, capaces de movimientos del orden de los 0,1 o 0,2 nanómetros, en cuyos extremos se podrían montar distintas herramientas como pinzas, llaves o destornilladores. Eso es lo que sostiene Drexler. En ese caso, estaría en condiciones de manipular átomos uno por uno y ensamblar moléculas de acuerdo con las instrucciones.

George Whitesides piensa que "el sueño del ensamblador es más la esperanza de un milagro que la solución de un problema".

Richard E. Smalley señala dos dificultades físicas que tendrían que resolver los brazos robóticos de un ensamblador y sus "dedos", como límites infranqueables. Cualquier brazo de un nanobot ensamblador estará hecho de átomos: es imposible hacerlo más chico. El problema es que sus "dedos" serían demasiado "gruesos" y hasta "pringosos" para manipular otros átomos.

Sabemos que es imposible armar un reloj mecánico sin lupa ni herramientas adecuadas, tomando las piezas tan sólo con los dedos; pero ésa es la situación en la cual se encontraría el nanobot. Además, ¿cómo hacer que los "dedos" hechos de átomos no se adhieran a los átomos que tienen que manipular y logren soltarlos allí donde tienen que hacerlo?

DESCONTROLES

Las grandes preguntas siguen siendo aquellas que no señaló Drexler, aunque descartó con excesivo optimismo. ¿Cómo controlar las nanomáquinas si es que se van a reproducir solas? ¿Llegarán a expandirse como epidemias inundando la casa de bifes o las calles y plazas de teléfonos celulares? ¿Podrán sufrir mutaciones? ¿Alcanzarán a organizarse, creando una suerte de "vida"? ¿Al introducirse en los ecosistemas naturales, no competirían ventajosamente con la vida?

Haciendo un simple cálculo, Drexler había caído en la cuenta de que el crecimiento de una comunidad de nanomáquinas sería una curva exponencial. En poco tiempo acabarían por transformar toda la materia disponible (incluyéndonos a nosotros) a su imagen y semejanza. Drexler pensaba que para evitar su crecimiento descontrolado bastaba con introducir en los nanobots un programa de autodestrucción que entraría en acción después de X generaciones. Pero, conociendo cómo son las cosas, ¿sería posible monopolizar su producción, evitando los nanobots "truchos" o los reciclados? De acuerdo con la ley de Moore, todo indica que los robots tenderían a abaratarse hasta caer en manos de cualquiera. Hasta es posible imaginar un nanoterrorismo mucho más eficaz que la guerra bacteriológica.

Pero hay cosas más inquietantes. ¿Qué sería de la economía y del empleo cuando tuviéramos asegurada la producción gratis de cualquier cosa que uno pueda imaginar, llevando al extremo la revolución tecnológica? ¿Qué nuevas relaciones de poder se llegarían a imponer cuando los seres humanos estuviesen definitivamente excluidos de los procesos productivos? Recordando a Wells y su máquina del tiempo, tendríamos un mundo de "elois" abúlicos o de "morlocks" embrutecidos?

NOLOGIA

ctor

claro que el ADN en su versión natural no es conductor. Lo que muchos grupos hacemos es modificar el ADN para preservar sus buenas propiedades y al tiempo mejorar su conductividad.

–Si se demostrara que es posible, ¿cómo se aprovecharían esas propiedades del ADN? ¿Serviría para almacenar información, por ejemplo?

–Imaginemos, por ejemplo, que el ADN tiene una altísima conductividad dependiendo de la secuencia. Hay secuencias conductoras y otras aislantes. Así puedes construir un fragmento de ADN conductor y otro no conductor: corriente-no corriente, como los ceros y unos del código binario. Podemos aprovechar el enorme detalle, la precisión, en la estructura del ADN, su alta densidad de información, para hacer esto de forma muy precisa.

–La nanotecnología se asocia a menudo con escenarios de ciencia ficción, con nanorrobots que se autorreplican, que bucean por el torrente sanguíneo humano... ¿Es eso realista?

–Ahora mismo, en nanotecnología, las predicciones exageradas y las realistas se mezclan. La nanotecnología abre muchas posibilidades. Ya existen dispositivos similares a los que menciona, micromáquinas con componentes nano, dispositivos que se introducen en el cuerpo para hacer pruebas médicas... Creo que se fabricarán dispositivos nanoelectrónicos, tal vez con ADN, tal vez con otras moléculas. Ahora bien, estamos en la vanguardia del conocimiento, en cosas que nadie conoce aún. Pero hay una diferencia entre hacer cosas en la frontera de la imaginación y del conocimiento y hacer cosas imaginarias y de ciencia ficción. La frontera puede ser sutil, pero existe.

NOVEDADES EN CIENCIA



UN ATLAS MUNDIAL DE LOS RAYOS

SCIENTIFIC AMERICAN Los rayos son uno de los fenómenos más espectaculares de la naturaleza. Estas tremendas descargas eléctricas pueden generarse dentro de una nube, entre dos nubes o entre una nube y el suelo. Y provocan terribles estruendos (los "truenos") y fogonazos de luz que, de pronto, pueden iluminar a la más oscura de las noches (los "relámpagos"), fenómenos que el hombre observa de modo distorsionado pues, como se sabe, la velocidad de la luz es mayor a la velocidad del sonido. Durante una tormenta eléctrica, es prácticamente imposible predecir dónde caerá un rayo. Sin embargo, y por primera vez, un grupo de científicos de la NASA –la agencia aeroespacial del gobierno norteamericano– ha logrado una especie de "atlas mundial de los rayos", un completo esquema global que muestra su distribución y comportamiento a gran escala.

Hasta ahora, todos los intentos destinados a generar mapas globales de la actividad de los rayos se apoyaban en las detecciones realizadas por sensores terrestres, repartidos en distintas partes del planeta. Estos aparatos ofrecen muy buenas mediciones locales, pero como su rango es bastante limitado, no permiten la cobertura de grandes regiones. Y así, los océanos, los mares, los desiertos y otras grandes áreas despobladas quedaban sin monitorear.

Pero las cosas cambiaron cuando el doctor Hugh Christian y su equipo del National Space Science and Technology Center –un organismo que depende de la NASA– comenzaron a trabajar con satélites meteorológicos equipados especialmente para la detección de relámpagos (que son, ni más ni menos, que la manifestación luminosa de los rayos, claro). Gracias a sofisticadas cámaras infrarrojas de alta velocidad, capaces de detectar relámpagos en las nubes aun siendo de día, los sensores de estos satélites norteamericanos fueron compilando información en todos los rincones de la Tierra. Y una vez procesados, esos datos dieron lugar a este inédito atlas de los rayos. "Por primera vez, hemos podido mapear la distribución global de los relámpagos, notando su variación en función de la latitud, la longitud y la época del año", dice Christian.

Y bien: ¿qué dice el mapa? Por empezar, que las regiones más castigadas por estas brutales chispas atmosféricas (las zonas más oscuras del mapa) son la península de Florida, casi toda América Central, la zona del Amazonas y el centro y el sur de Africa, entre otras. Por el contrario, hay lugares donde los rayos son bastante raros, como la Antártida y la región del Artico (junto a sus áreas oceánicas adyacentes), el desierto del Sahara y la mayoría de las islas de Pacífico. ¿Y en nuestro país? El trabajo satelital de la NASA revela que en la Argentina y en sus países vecinos la actividad de los rayos es moderada.

LIBROS Y PUBLICACIONES

¿TENIAN OMBLIGO ADAN Y EVA?
Martin Gardner
Debate, 395 págs.



El artículo "Transgrediendo las fronteras: hacia una hermenéutica transformadora de la gravedad cuántica" apareció publicado en el número primavera-verano de 1996 de la revista *Social Text*, en una edición dedicada a lo que dio en llamarse "guerra de las ciencias". El autor, Alain Sokal. Lo que siguió después, ya se sabe: el ridículo inevitable de los editores de *Social Text* y de los muchos más que le encontraban algún sentido a un artículo publicado con semejante título, amén de los disparates que decía. La labor de Sokal contribuyó a poner algunas cosas en su lugar: en el artículo, Sokal aseguraba: "La realidad física (...) es en el fondo un artefacto social y lingüístico". Burlón después, comentaba que lo que habían suscripto en *Social Text* no eran "nuestras *teorías* sobre la realidad física, fíjense bien, sino la realidad misma", y era una construcción social, un "artefacto". "Pues muy bien –seguía Sokal cuando desenmascaró la puesta en evidencia en la revista *Lingua Franca*–, cualquiera que crea que las leyes de la física son meras convenciones sociales, está invitado a intentar transgredir esas convenciones desde las ventanas de mi departamento, y aclaro que vivo en un piso 21." ¿Por qué Sokal en un libro que habla sobre seudociencia? Los "estudios culturales" también están, según sostiene Martin Gardner en *¿Tenían ombligo Adán y Eva?* ubicados en algún lugar del amplio espectro de la seudociencia. Gardner es autor de más de setanta libros y columnista habitual de *Skeptical Inquirer*, de donde proviene gran parte de los artículos que conforman el contenido de *¿Tenían ombligo Adán y Eva?*

Dedicados a exponer las falacias de la seudociencia, los artículos de Gardner recopilados aquí se ocupan de las medicinas alternativas, de la antropología de Castaneda, de los "estudios culturales", de algunos desvaríos de la física cuántica, de ovnis, de civilizaciones perdidas, de cienciología, religión, etc., bajo la premisa de que no hay que tomarse muy en serio las cosas, y que la mejor forma de desenmascarar los fraudes es ponerlos en ridículo... Eso, hasta que las cosas se ponen serias. ¿Qué pasa en el caso de las medicinas alternativas, que hacen perder tiempo y dinero, y a veces provocan la muerte de pacientes que podrían haberse curado siguiendo la vía tradicional? Esas son algunas de las preguntas que Gardner se plantea aquí, a partir de casos que, nuevamente, rayan el ridículo: "He proporcionado un considerable alivio a numerosos pacientes que tenían caries en casi todos sus dientes (...) mediante el siguiente remedio: consiste en enjuagarse la boca cada mañana y cada noche (...) con unas cucharadas de su propia orina, justo después de evacuarla"; pero que también pueden transformarse en un problema serio, por ejemplo cuando la ingestión de orina se recomienda como terapia para la cura del cáncer, el sida y otras enfermedades fatales.

Este libro resulta una divertida y entretenida recopilación de artículos abigarrados de testimonios y datos acerca de diversas teorías disparatadas y no tanto, que a la vez propone la defensa de la racionalidad y de la auténtica ciencia. ***F.M.***

MENSAJES A FUTURO
futuro@pagina12.com.ar

LAS PIEDRAS PRECIOSAS USADAS EN CIENCIA

Investigaciones brillantes

POR JUAN PABLO BERMÚDEZ

"No todo lo que reluce es oro", dice el refrán y bien podría ser aplicado para contar lo que sigue, aunque reemplazándolo por algo así como "no todas las joyas son para los cuellos sofisticados" o algo parecido. Los brillantes, esas piedras preciosas que dan (y darán) mucho que hablar en toda la historia de la humanidad, están siendo utilizados en la investigación científica y cada vez aparecen más y más empleos inesperados para ellos, como la construcción de células solares o de los primeros nanodispositivos fabricados exclusivamente de diamante. Además de servir también para la investigación del pasado.

UTILES EN PROFUNDIDAD

La composición del interior de la Tierra es una de las investigaciones permanentes de los minerólogos y una de las más difíciles de desarrollar merced a sus características: la perforación más profunda que ha podido realizar el ser humano alcanza 15 kilómetros, apenas un leve arañazo sobre la corteza de un planeta de 6370 kilómetros de radio. Los diamantes, en este caso, son buenos mensajeros, capaces de revelar información acerca de las profundidades de la Tierra.

La mayoría de los diamantes terrestres se originan debido a las enormes presiones y temperaturas existentes en el Manto, la capa intermedia de la Tierra, que se extiende entre unos 60 y unos 2900 kilómetros de profundidad. Los diamantes suben hasta la superficie arrastrados por corrientes de magma procedentes del Manto, que penetran en la Corteza Terrestre debido a la actividad volcánica, solidificándose después para formar unas inclusiones en forma de tubo de roca denominadas kimberlitas. Los diamantes se encuentran incluidos en las kimberlitas. Las kimberlitas que afloran a la superficie pueden ser explotadas por el hombre y constituyen las minas de diamantes.

Todos los diamantes contienen diversas impurezas de otros minerales que se cristalizaron con ellos. Pero estas impurezas, lejos de ser una molestia, aportan información acerca de su origen. Catherine McCammon, de la Universidad de Bayreuth, Alemania, es una de las investigadoras que estudió recientemente estas características y las presentó en un extenso informe. "La existencia de estas dos zonas (el Manto Inferior y la Astenosfera, que es la capa semifluida que lo recubre) era ya conocida a partir de los estudios sísmicos, pero se pensaba que intercambiaban continuamente material gracias a intensas corrientes de convección. La nueva información que nos aportan los diamantes es que no existe apenas mezcla entre los minerales que componen ambas zonas. Los diamantes procedentes de las dos zonas tienen composiciones claramente diferentes, lo que prueba que las dos zonas del Manto son prácticamente impenetrables entre sí. Sin embargo, el hecho de que podamos tener en nuestras manos diamantes procedentes del Manto Inferior, y que éstos suelan aparecer en algunos yaci-



mientos, demuestra que, en ocasiones, el material procedente de esta capa interna es capaz de llegar hasta la corteza, gracias a enormes corrientes de magma que pueden atravesar la Astenosfera y llegar así hasta la superficie", explica la científica alemana.

JOYAS COSMICAS

Por otro lado, la formación de los diamantes estelares (diamantes de tamaño microscópico encontrados en el interior de muchos de los meteoritosde más edad que han caído sobre la Tierra) está siendo estudiada actualmente por Ulrich Ott y sus colaboradores del Instituto Max Planck en Alemania, y del Instituto Karpov en Rusia. El mecanismo que los forma, denominado Deposición Química de Vapor, es el mismo que se utiliza industrialmente para conseguir diamantes de tamaño y forma controlada. "Los diamantes estelares –explica Ott– contienen inclusiones de gases nobles, que proceden de las explosiones de las supernovas, y midiendo sus cantidades se pueden conocer las condiciones en las que fueron creados, así como su historia posterior. Así, los diamantes nos permitirían conocer mejor los fenómenos que ocurrieron hace miles de millones de años, cuando el Universo era joven y nuestro Sol aún no existía. Los brillantes pedacitos de Cielo quizás puedan aportar sorprendentes datos en un futuro no muy lejano."

Timothy Fisher, del Instituto Karpov, está investigando además la posibilidad de sustituir las actuales células solares de silicio por células basadas en una fina capa de diamante artificial. "Las capas de diamante presentan bastantes ventajas frente a las células de silicio. Son capaces de soportar los altos niveles de radiación que existen en el espacio sin disminuir el rendimiento, mientras que las células de silicio que contienen los satélites artificiales actuales bajan su rendimiento hasta un 50 por ciento tras 10 años en órbita. Pueden operar a temperaturas más altas, y son más ligeras y capaces de producir más electricidad para el mismo peso, lo que resulta importante para su uso en sondas espaciales y satélites artificiales."

Pero también Fisher hace hincapié en lo económico: el costo podría llegar a ser menor que las células de silicio y, si se fabrican a gran escala, se podrían llegar a fabricar láminas de diamante al precio de 1 dólar por cm2. "Las láminas de diamante se pueden fabricar a partir de metano, mediante el sistema de Deposición Química de Vapor, el mismo que usa la naturaleza para fabricar los diamantes que se encuentran en el polvo estelar. Fisher está convencido de lograr resultados prácticos muy pronto. Su objetivo inmediato es fabricar una célula de 1 cm2 que produzca 10 watios de electricidad trabajando a una temperatura de 1000ºC." Si lo consigue, la energía solar producida mediante láminas de diamante podría llegar a convertirse en una importante fuente de energía renovable en el futuro.

Todas estas investigaciones apuntan hacia el mismo lado: la utilización de los brillantes para el avance científico. Al fin y al cabo, podría ocurrir que resulten mucho más útiles allí que como adorno de un millonario aburrido.

FINAL DE JUEGO / CORREO DE LECTORES:

donde no se sale con un domingo 7 sino que se propone un pequeño enigma sobre el martes 13

POR LEONARDO MOLEDO

–¿Cómo empezar –dijo el Comisario Inspector–, cómo empezar un año como éste? La semana pasada hicimos unas líneas de silencio en memoria de los muertos por la represión de De la Rúa. Hoy tenemos que volver a hacerlas por los tres chicos asesinados en Floresta.

–Aunque no haya sido en medio de la represión –dijo Kuhn.

–Aunque no haya sido... –dijo el Comisario Inspector–, aunque no haya *parecido*, porque creo, honestamente, que forman parte del mismo fenómeno: fue un asesinato que entraba en la lógica de la represión, como si lo ocurrido en la Plaza de Mayo hubiera desprendido células cancerosas que hicieron metástasis en una esquina cualquiera y en una situación cualquiera.

–Hace ya tres semanas que nos cuesta volver a nuestra realidad de enigmas y divagaciones científicas y lógicas.

–Es natural –dijo el Comisario Inspector–, aunque la vez pasada ya estábamos volviendo a discutir sobre esa tensión esencial que recorre toda la ciencia, esa leve disfunción entre la empiria y la teoría, que nunca se ajusta mucho a ella, y habíamos empezado a ventilar nuestras pequeñas diferencias al respecto.

–Yo decía que no hay empiria sin teoría más o menos armada, o sin un paradigma que dé cuenta de ella.

–Y a un paso de sostener que la empiria es una mera creación del lenguaje.

–Mmm... –dijo Kuhn–, no sé si iría tan lejos.

–Me alegro –dijo el Comisario Inspector–, porque es una posición muy en boga entre las corrientes posmodernas. La empiria es una creación del lenguaje, la empiria es una creación del paradigma dominante, la empiria es una mera consecuencia de la teoría, que se determina por mecanismos puramente sociales, o por luchas de poder, o por intereses determinados y, por lo tanto, las teorías científicas son meros juegos del lenguaje, o articulaciones sociales de la lengua, en un pie de igualdad con las religiones, las supersticiones o las pseudociencias, y no hay, ni podría haber, un criterio que las distinga, ya que toda verificación es interna. Ahora bien, no se entiende por qué, si toda verificación es interna y mediante herramientas empíricas creadas por el propio paradigma pueden aparecer anomalías.

–Porque un paradigma, aunque es autónomo, no es totalizador. Aunque es autónomo, no es absolutamente autónomo.

–Un paradigma no *es* el mundo, creo entender yo –dijo el Comisario Inspector–. Y tampoco lo crea. Pero ya que estamos en el primer Final de Juego del año, de este año sórdido y triste que se avecina, y ya que hablábamos de pseudociencias y supersticiones, propongamos un pequeño enigma al respecto: ¿es verdad que todo año tiene por lo menos un martes 13?

¿Qué piensan nuestros lectores? ¿Es verdad? ¿Y la teoría determina la empiria o no?